

## Glycerol 筋 に関する 諸 観 察

丸 山 俊 蔵

札幌医科大学生理学教室 (主任 永井教授)

### Additional Observations on Glycerinated Muscle Fiber

By

SHUNZO MARUYAMA

Department of Physiology, Sapporo University of Medicine

(Chief: Prof. T. NAGAI)

#### I. KCl 濃度による Glycerol 筋の性質変化

Glycerol 筋は actomyosin (AM) 系諸標本の内、筋構造を保有し最も生筋に近い筋 model として多くの実験が行われてきた。しかしそれ等は主として生理的条件に近い 0.16 M KCl 環境における ATP 収縮についてであつた<sup>1),2)</sup>。また glycerol 筋による弛緩の研究もかなり行われている<sup>3),4)</sup>。しかしながら glycerol 筋自体の基本的な性質については殆ど検討されていない。殊に AM 液については KCl の濃度変化に関して広汎な且つ詳細な検討が加えられているのに反して、glycerol 筋と KCl の濃度変化に関しては殆どその成績を見ない。

著者はかかる観点から、glycerol 筋の性質殊に弾性的性質に対する KCl 濃度及び pyrophosphate 濃度の影響並びにかかる条件下における ATP の作用等を荷重の有無に関して詳細に検討を加えた。

#### 実 験 方 法

##### A. 実験材料

- 1) glycerol 筋: 前報<sup>4)</sup>に同じ。筋線維は 0.3~0.5 mm  $\times$  20~30 mm を使用した。
- 2) ATP 液: 前報に同じ。
- 3) Na-pyrophosphate: HCl で中和して使用した。

なお、特別の場合を除き使用した溶液はすべて K 濃度を 0.16 M とした。pyrophosphate を使用した場合はその Na を加算して 0.16 M とした。また緩衝液は用いなかつた。

##### B. 実験装置並びに操作

前報と同じく等張性横杆を用い、荷重は 200 mg とした。温度は灌流装置を施して調整し、液温は 20~23°C とした。

#### 実 験 成 績

- 1) glycerol 筋の弾性的性質に対する KCl 濃度並びに pyrophosphate 濃度の影響: 一定荷重下で glycerol 筋

に各種濃度の KCl 液を作用させた成績が Fig. 1 である。同様に各種濃度の pyrophosphate 液を作用させた成績が Fig. 2 である。

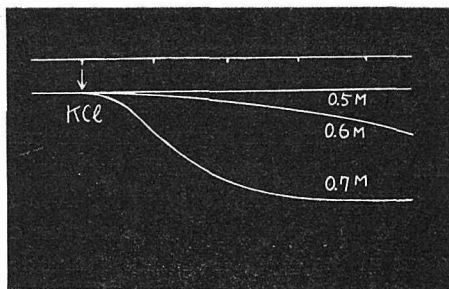


Fig. 1. Effect of various KCl concentrations on extensibility of glycerinated muscle fiber.

Muscle fiber: 0.5  $\times$  20 mm Lord: 200 mg Solution temperature: 20°C Time marks: 1 minute

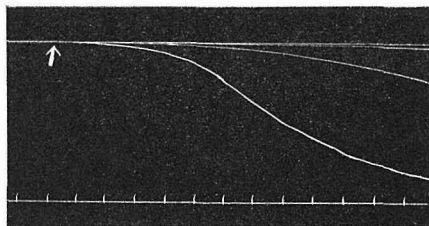


Fig. 2. Effect of various pyrophosphate concentrations on extensibility of glycerinated muscle fiber.

Arrow: added pyrophosphate; top, control (0.16 M KCl); second,  $10^{-2}$  M pyrophosphate; third,  $5 \times 10^{-2}$  M pyrophosphate; bottom, 0.1 M pyrophosphate. Muscle fiber: 0.3  $\times$  30 mm Lord: 200 mg Solution temperature: 20°C Time marks: 15 seconds

2) 各種 KCl 濃度下における glycerol 筋の ATP 収縮: ATP 液の K 濃度を 0.1, 0.3 及び 0.5 M として glycerol 筋に作用させた成績が Fig. 3 である。さらにかかる条件下で  $10^{-3}$  M  $MgCl_2$  を添加した成績が Fig. 4 a, b である。

3) glycerol 筋の ATP 収縮に対する pyrophosphate 濃度の影響: ATP 液に  $10^{-3}$  M,  $10^{-2}$  M,  $2.5 \times 10^{-2}$  M の pyrophosphate を添加して glycerol 筋に作用させた成績が Fig. 5 である。また glycerol 筋を 0.16 M KCl +  $10^{-2}$  M  $MgCl_2$  液で数分間洗った後, pyrophosphate 添加 ATP 液を作用させた成績が Fig. 6 である。さらに添加 Mg 量を変えて ATP 収縮に対する pyrophosphate の影響を検討した成績が Fig. 7 である。

4) glycerol 筋の収縮に対する ATP 濃度の影響: glyce-

rol 筋に 0.1~1.0% の ATP 液を作用させた成績が Fig. 8 である。さらにこれに  $10^{-3}$  M の  $MgCl_2$  を添加した成績が Fig. 9 である。

#### 総括並びに考按

Glycerol 筋は低濃度 KCl 液中では白濁硬固であるが, KCl 濃度を増すに従い透明度並びに弾性を増し, 高濃度 KCl 液 (0.5 M 以上) 中では硝子状透明になり物質の溶出が見られる。かかる状態を 200 mg の荷重下で検討すると, Fig. 1 の如く, 高濃度 KCl 液中では glycerol 筋は伸展する。即ち 0.5 M KCl までは伸展は殆ど見られないが, 0.6 M KCl にすると glycerol 筋は軽度の伸展を来し, さらに 0.7 M 以上になると著明に伸展する。しかしかかる伸展

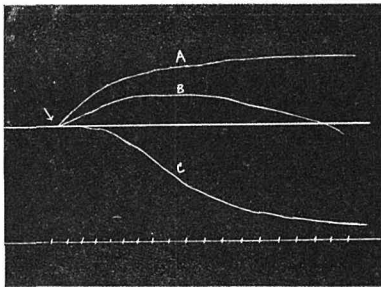


Fig. 3. ATP contraction of glycerinated muscle fiber in varied KCl concentrations.

Arrow: added ATP solution; A 0.2% ATP+0.1 M KCl, B 0.2% ATP+0.3 M KCl, C 0.2% ATP+0.5 M KCl. Muscle fiber:  $0.5 \times 30$  mm Lord: 200 mg Solution temperature:  $20^\circ\text{C}$  Time marks: 1 minute

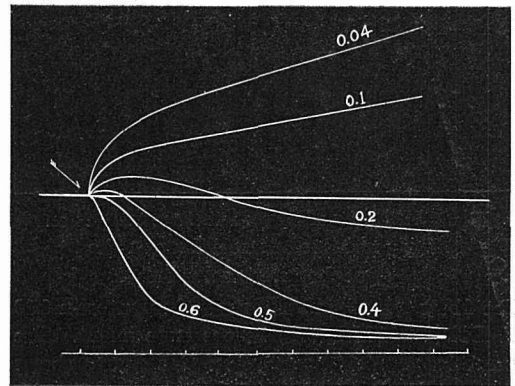


Fig. 4. b. Same as Fig. 4. a.

The numbers indicated in this figure show the mol concentration of K ion in ATP solution. Arrow: 0.2% ATP +  $1.5 \times 10^{-3}$  M  $MgCl_2$  + KCl Lord: 200 mg Temperature:  $13 \sim 16^\circ\text{C}$  Time marks: 1 minute

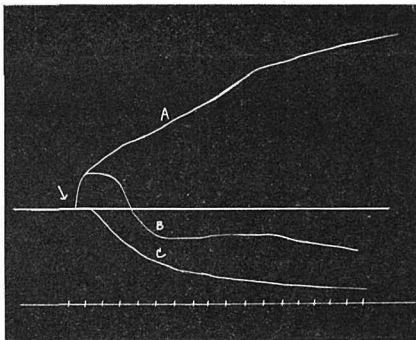


Fig. 4. a. Effects of Mg on ATP contraction of glycerinated muscle fiber in the KCl solutions.

Arrow: 0.2% ATP +  $10^{-3}$  M  $MgCl_2$  + KCl (A; 0.1 M, B; 0.3 M, C; 0.5 M) Muscle fiber:  $0.5 \times 30$  mm Lord: 200 mg Solution temperature:  $20^\circ\text{C}$  Time marks: 1 minute

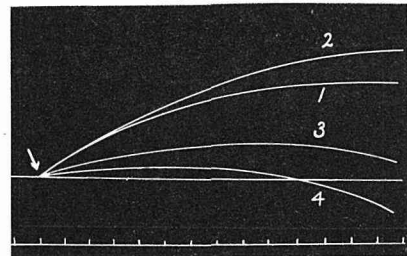


Fig. 5. Effect of various pyrophosphate concentrations on ATP contraction of glycerinated muscle fiber.

Arrow: added 0.2% ATP + pyrophosphate (1; —, 2;  $10^{-3}$  M, 3;  $10^{-2}$  M, 4;  $2.5 \times 10^{-2}$  M) Muscle fiber:  $0.5 \times 30$  mm Lord: 200 mg Solution temperature:  $20^\circ\text{C}$  Time marks: 1 minute

は始め緩い角度で始まりその後伸展は促進して伸展曲線の角度が急傾斜になり、その後再び角度が緩くなる。かかる伸展様式は KCl 濃度に関係し、濃度が比較的低い時は伸展は始めの段階に留まり、濃度を増すに従つてこの相が短くなり、高濃度 KCl では直ちに急激な伸展を來たす。牧之類<sup>6)</sup>は高温による glycerol 筋の伸展が同様二段に分れることを見出し、glycerol 筋は始めの段階では荷重をとり去ると原長に戻るが、急激な伸展に移つた後では荷重を

とり去るも原長に完全には復帰しないという。この点は恐らく著者の高濃度 KCl 液による伸展についても同様と考えられる。

以上の成績から glycerol 筋は KCl 濃度に関して荷重なき条件下では肉眼的所見及び弾性の面で二相に分けることが出来、これに荷重を負すと伸展の見られない相、緩い伸展の相及び急激な伸展の相の三相に分けることが出来る。かかる glycerol 筋と KCl 濃度の関係に関しては、従来全く報告を見なかつたところである。

Glycerol 筋に pyrophosphate を作用させると肉眼的に硝子状透明になり弾性も増す。かかる事実は A. G. Szent-Györgyi<sup>7)</sup> 及び著者<sup>8)</sup> によつて報告された。しかし荷重を負した条件下では、未だその報告を見ない。荷重を負すと

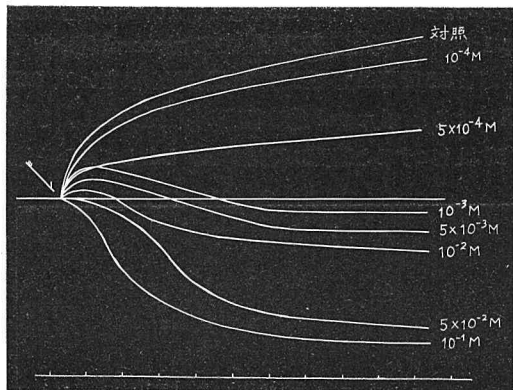


Fig. 6. Effect of Mg on ATP contraction of glycerinated muscle fiber in the pyrophosphate solution.

The fibers were immersed several minutes in 0.16 M KCl (+0.01 M  $\text{MgCl}_2$ ) before experiment. The numbers of mol indicated in this figure shows the concentration of pyrophosphate in ATP solution. Arrow: 0.2% ATP+pyrophosphate Lord: 200 mg Time marks: 1 minute

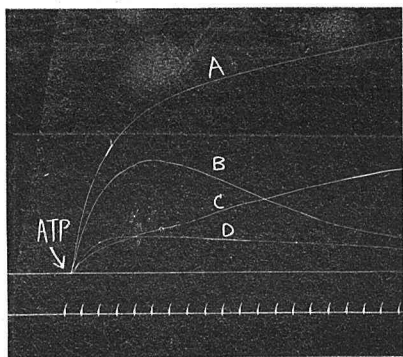


Fig. 7. Effects of pyrophosphate and Mg ion on ATP contraction of glycerinated muscle fiber.

A, B: 0.4% ATP +  $10^{-2}$  M  $\text{MgCl}_2$  + pyrophosphate (A; —, B;  $10^{-3}$  M). C, D: 0.4% ATP +  $10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$  + pyrophosphate (C; —, D;  $10^{-3}$  M). Muscle fiber:  $0.3 \times 30$  mm Lord: 200 mg Solution temperature:  $20^\circ\text{C}$  Time marks: 15 seconds

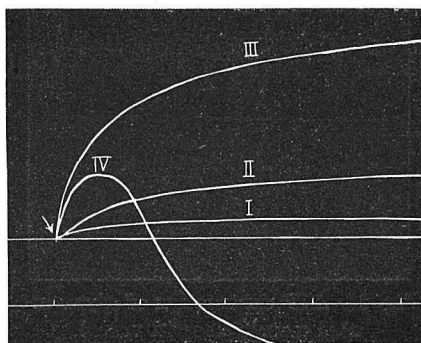


Fig. 8. Effect of various ATP concentrations on the contraction of glycerinated muscle fiber.

Arrow: added ATP solution I; 0.1% ATP, II; 0.2% ATP, III; 0.5% ATP, IV; 1.0% ATP. Muscle fiber:  $0.3 \times 30$  mm Lord: 200 mg Solution temperature:  $20^\circ\text{C}$  Time marks: 5 minutes

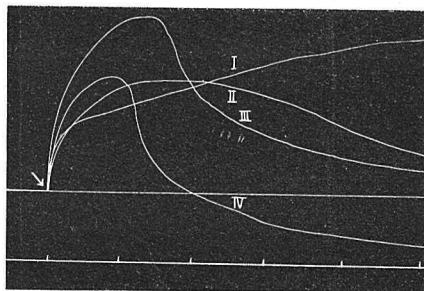


Fig. 9. Effect of Mg on ATP contraction of glycerinated muscle fiber.

Arrow: Added various ATP +  $10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$  solution I; 0.1% ATP, II; 0.2% ATP, III; 0.5% ATP, IV; 1.0% ATP. Muscle fiber:  $0.3 \times 30$  mm Lord: 200 mg Solution temperature:  $20^\circ\text{C}$  Time marks: 5 minutes

Fig. 2 の如く, pyrophosphate 作用においてもまた高濃度 KCl 液の場合と全く同様に glycerol 筋は二段に分れて伸展する。即ち 0.01 M pyrophosphate では軽度の伸展を来すに過ぎないが, 0.05 M, 0.1 M と濃度を増すに従い伸展が著明になり, 始めの角度の緩い伸展の相が漸次短くなる。

Glycerol 筋の ATP 収縮を K 濃度の変化に関して見た実験は, 荷重なき条件では既に A. G. Szent-Györgyi<sup>7)</sup> 及び著者<sup>8)</sup> によつて報告され, K 濃度が 0.015~0.5 M までは最大収縮するが, それ以上に K 濃度が高くなると収縮は著明と抑制される。かかる条件下で荷重を負すと Fig. 3 の如く, ATP 液の K 濃度が 0.1 M の場合は glycerol 筋は収縮のみを来す。0.3 M にすると収縮に引続いて軽度の弛緩を来す。さらに塩濃度を高めて 0.5 M にすると収縮は全く見られず glycerol 筋は直ちに伸展する。また Mg の添加は Fig. 4, a, b に見る如く glycerol 筋の収縮及び弛緩とともに促進し, この関係は一層明かになる。即ち glycerol 筋は ATP 作用下においてもまた KCl 濃度に関して, 荷重なき場合は収縮相と収縮抑制相の二相が見られ, これに荷重を負すと収縮相, 収縮弛緩相及び伸展相の三相に分れる。

Glycerol 筋の ATP 収縮に対する pyrophosphate の影響については荷重なき条件では A. G. Szent-Györgyi<sup>7)</sup> 及び著者<sup>8)</sup> が報告した。ATP 収縮する塩濃度範囲は pyrophosphate の作用によつて狭まり, K 濃度が 0.04~0.25 M の間では最大収縮するが, それ以上に塩濃度が高まると収縮は著明に抑制される。荷重下で pyrophosphate の影響を見るに, ATP 液 (K 濃度 0.16 M) に種々の濃度の pyrophosphate を添加すると Fig. 5 及び 6 の如く KCl の場合と同様に添加する pyrophosphate の濃度に関して収縮相, 収縮弛緩相及び伸展相の三相が見られる。即ち添加する pyrophosphate の濃度が  $10^{-3}$  M では収縮をやや促進するが弛緩は全く見られない。 $10^{-2}$  M では収縮後暫らくして軽度の弛緩が見られる。さらに  $2.5 \times 10^{-2}$  M では収縮は著明に抑制されて漸次伸展する。この関係は微量の Mg の添加でさらに著明になる。Fig. 6 の如く glycerol 筋を 0.16 M KCl+0.01 M  $MgCl_2$  液で洗つた後 ATP 液を作用させると  $10^{-1}$  M の pyrophosphate 添加では収縮のみが見られ,  $10^{-3}$  M では著明な収縮弛緩を来し, さらに  $10^{-2}$  M の添加では伸展のみが見られる。

ATP 濃度と glycerol 筋の収縮の関係は既に著者<sup>8)</sup> が報告した。本成績 (Fig. 8 及び 9) は前報とほぼ同様に ATP 濃度が 0.1% から 0.5% に増加するに従つて glycerol 筋の収縮速度並びに収縮高は漸次増し, 1.0% の ATP 液では収縮後弛緩が見られる。ATP 液に  $10^{-3}$  M の  $MgCl_2$  を添加すると, 各 ATP 濃度においてすべて glycerol 筋の収縮速度並びに収縮高が増し, さらに 0.2% 以上の ATP 液で収縮

後著明な弛緩を来す。

以上の如く glycerol 筋の性質は K 濃度に関して, 荷重なき条件下では肉眼的所見の変化並びに弾性の変化から大体二相に分けられる。さらに荷重を負すと伸展の見られない相, 軽度の伸展を来す相並びに急激な伸展の相の三相に分けられることを知る。この関係は pyrophosphate 濃度に関しても全く同様である。またかかる条件下で glycerol 筋は, ATP 作用によつて収縮及び収縮抑制の二相, 或は荷重下では収縮相, 収縮弛緩相及び伸展相の三相に分れる。永井<sup>9), 10)</sup> は以上の事実と AM 液に関する A. Szent-Györgyi<sup>5)</sup> 及びわれわれの教室の多くの成績を綜合し詳細な比較検討を加え, 筋収縮における AM 系の分子機構に関する考察を發展させつつある。

なお Mg に関しては Bozler<sup>11)</sup> 及び著者<sup>4)</sup> が ATP による glycerol 筋の収縮作用並びに弛緩作用がともに促進することを報告した。また藤田<sup>12)</sup> は Mg の濃度を変えてその関係を詳細に検討し, 弛緩状態の持続に Mg が必要なことを指摘している。また Bendall<sup>13)</sup> は glycerol 筋の pyrophosphate による弛緩が Mg によつて増強されるという。最近の Bozler<sup>13)</sup> の報告によると glycerol 筋に対する ATP 作用に際して, Mg が収縮及び弛緩の両面に促進作用を現わし, Mg には critical な量があつて, Mg 量がそれ以上に増すと glycerol 筋は弛緩するという。上述の成績は Mg によつて AM 系に対する ATP の作用が増強されたとも考えられる。従つて Bozler の見解はこの観点に従えば, Mg 量によつて AM 系に対する ATP の二重作用<sup>14)</sup> が増強されたと考えられる。しかし何れにしろ, Mg 或は Ca の問題は AM 系の収縮弛緩の機構或は AM 系と ATP の結合様式を知る上で重要な問題であり, 目下教室の藤田によつて検討が加えられている。

## 摘 要

Glycerol 筋に KCl 濃度及び pyrophosphate 濃度を変えて作用させ, その性状の変化を荷重の有無に関して検討した。さらにかかる条件下で glycerol 筋に対する ATP 作用を検討した。その結果次の如し。

1) glycerol 筋は KCl 濃度を増すに従つて, 肉眼的所見並びに弾性において大体二相に変化し, 荷重下では伸展の見られ無い相, 緩い伸展相及び急激な伸展相の三相に変化する。

2) pyrophosphate の濃度変化についても全く同様の関係が認められる。

3) glycerol 筋の ATP 収縮に対する KCl 及び pyrophosphate 濃度の影響を見るにそれらの濃度に従つて, 荷重なき条件下では収縮相及び収縮抑制相の二相に, 荷重下

では収縮のみの相、収縮弛緩相及び伸展相の三相に分れる。

4) なお glycerol 筋に対する ATP 濃度の影響をも検討した。

5) また KCl 濃度、pyrophosphate 濃度及び ATP 濃度の変化時の glycerol 筋の ATP 収縮に対して、Mg を添加してその影響を検討し、AM 系に対する Mg の重要性を示唆した。

## II. 濃厚 KCl 液による Glycerol 筋の弛緩と Derigor の関係

さきに著者<sup>2)</sup>は glycerol 筋に対する pyrophosphate, adrenaline 等の作用を検討した。永井<sup>15)</sup>はそれらの成績に基づき、glycerol 筋の肉眼的所見に与える作用、弾性に対する作用、ATP 収縮の抑制作用並びに弛緩作用が同一の agent で起るところから、glycerol 筋の derigor (脱 hysteresis) の作用機構が筋弛緩のそれと密接に関係することを述べた。また永井<sup>16)</sup>は著者の前述の KCl 濃度に関する glycerol 筋の性状変化の成績に基づき、塩濃度を高めると glycerol 筋は derigor の状態になるという。

他方 AM 系を derigor させる agent の一つである pyrophosphate は glycerol 筋を弛緩させる<sup>3)</sup>。しかし高濃度塩溶液による glycerol 筋の弛緩に関しては未だ報告されていない。

従つて著者は高濃度塩溶液による glycerol 筋の弛緩について検討を加え、derigor との関係について考察した。

## 実験方法

### A. 実験材料

Glycerol 筋は前報<sup>4)</sup>と同じ方法で作製、径 0.5 mm、長さ 20~30 mm のものを使用した。ATP もまた前報と同じくして溶解し、0.1~0.2% ATP 液 (K 濃度 0.16 M,  $\text{MgCl}_2$   $2 \times 10^{-3}$ ~ $10^{-3}$  M を含む) として使用した。洗滌液は 0.16 M KCl 液である。

### B. 実験装置

等張性積杆を用い荷重を 200 mg とした。液温は灌流装置を施し 20~23°C に調整した。

## 実験成績

Fig. 10 に見る如く、ATP 収縮した glycerol 筋は 0.6 M KCl 液で著明に弛緩する。また glycerol 筋は直接 0.6 M KCl 液の作用で伸展する。

Fig. 11 に見る如く、0.8 M KCl 液で弛緩した glycerol 筋は 0.16 M KCl で洗滌後 0.2% ATP 液を作用させると再び収縮する。

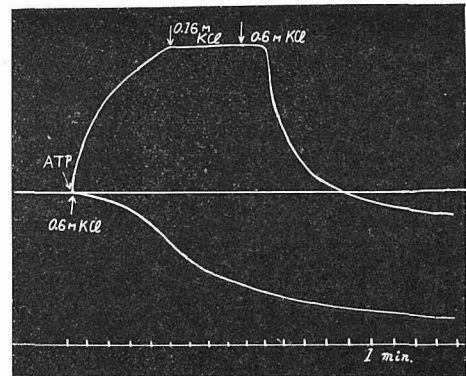


Fig. 10. Relationship between relaxation of glycerinated muscle fiber by high concentration of KCl and "derigor" of the fiber.

ATP: 0.1% ATP + 0.16 M KCl +  $2 \times 10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$   
Muscle fiber:  $0.5 \times 30$  mm Lord: 200 mg Solution temperature: 20°C Time marks: 1 minute

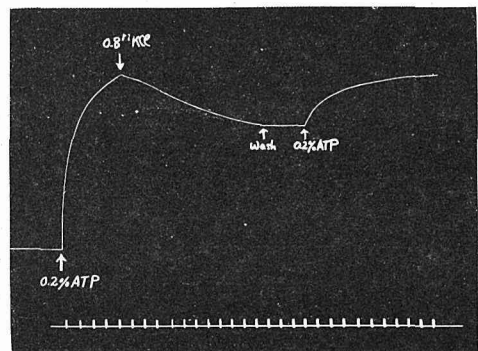


Fig. 11. Relaxation and recontraction of glycerinated muscle fiber.

ATP: 0.2% ATP + 0.16 M KCl +  $10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$   
Muscle fiber:  $0.5 \times 20$  mm Lord: 200 mg Solution temperature: 23°C Time marks: 1 minute

## 総括並びに考按

成績に見る如く、ATP 収縮した glycerol 筋は高濃度 KCl 液によつて弛緩する。かかる弛緩した glycerol 筋は再び ATP 液を作用させると収縮する。従つてかかる弛緩は AM 系の不可逆的な変性に基因するものとは考えられない。この際 Fig. 10 及び 11 において 0.6 M KCl の方が 0.8 M KCl より弛緩が著しいが、これは glycerol 筋の個体差に基づくものと考えられる。glycerol 筋の弛緩に関しては、濃厚 ATP 液<sup>3), 4)</sup>、pyrophosphate<sup>12)</sup> 或は弛緩因子<sup>16)~18)</sup> 等多くの agent で惹起し得ることが報告されているが、かかる単純な KCl 溶液を用いて、その濃度を高めることに



よつて弛緩を検討した成績は未だ報告されていない。

他方 glycerol 筋は KCl 濃度に関してその性状が色々と変化する。永井<sup>7)</sup>はこの関係と AM 液のそれとを詳細に比較検討し、高濃度 KCl 液環境で glycerol 筋は derigor されるという。前述の成績に見る如く、0.6 M KCl 液によつて glycerol 筋は伸展し、これは glycerol 筋の derigor 過程に一致するものである。

以上の観点から、本成績は glycerol 筋を derigor し伸展させる agent である高濃度 KCl 液が同時に ATP 収縮した glycerol 筋を弛緩させることを示すものである。

さきに永井<sup>10)</sup>は glycerol 筋に対する肉眼的所見の変化、弾性変化、ATP 収縮の抑制並びに弛緩が同一の agent で惹起するところから、derigor の機構と弛緩機構が同一であることを示唆したが、本成績はこれに対しさらに高濃度 KCl の面から実証を与えたものといえる。

### 摘 要

一定荷重下で高濃度 KCl 液が glycerol 筋を弛緩させ、また直接それが glycerol 筋を伸展させるのを見た。この事から glycerol 筋の弛緩と derigor の過程が同一であることを実験的に証明した。

### III. Glycerol 筋の “Derigor” と “Freeze up” の関係

従来 ATP 収縮している glycerol 筋を等張性塩溶液で洗い ATP を除去すると、glycerol 筋は収縮状態で freeze up することが知られている<sup>11,12)</sup>。そしてこれは energy の消費なしに張力を保持する例と考えられた<sup>13)</sup>。しかしこの freeze up と glycerol 筋の rigor 或は derigor との関係は未だ明かにされていない。

著者はこの観点から実験を行った。

### 実験方法

#### A. 実験材料

Glycerol 筋は前報<sup>9)</sup>と同じ方法で作製、径 0.5 mm 長さ 30 mm のものを使用した。ATP もまた前報と同じくして溶解し、0.1% ATP 液 (K 濃度 0.16 M,  $\text{MgCl}_2 \cdot 2 \times 10^{-3}$  M を含む) として使用した。Na-pyrophosphate は HCl で中和し、0.1 M 溶液を用いた。また KCl として 0.16 M の溶液を用う。

#### B. 実験装置並びに操作

等張性槓杆を用い荷重を 200 mg とした。液温は灌流装置で 20°C に調整した。

### 実験成績

Fig. 12 に見る如く、ATP 収縮している glycerol 筋を

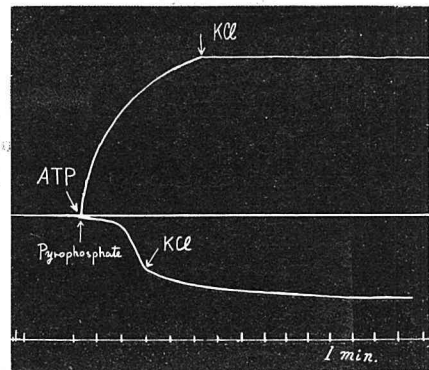


Fig. 12. Relationship between “derigor” and “freeze up” phenomenon in glycerinated muscle fiber.

ATP: 0.1% ATP + 0.16 M KCl +  $2 \times 10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$   
Pyrophosphate: 0.1 M Na-pyrophosphate (pH=7.0)  
KCl: 0.16 M Muscle fiber: 0.5 × 30 mm Lord: 200 mg  
Solution temperature: 20°C Time marks: 1 minute

0.16 M KCl で洗い ATP を除去すると、収縮は止り glycerol 筋は収縮状態で freeze up する。

また荷重下で pyrophosphate を作用させると glycerol 筋は著明に伸展するが、この途中で pyrophosphate を塩溶液で洗い去ると伸展は止り、glycerol 筋は伸展状態で freeze up する。

### 総括並びに考按

等張性塩溶液中の glycerol 筋は rigor (hysteresis) の状態にある<sup>11,12)</sup>。この rigor はいろいろな agent (plasticizing agent-Weber<sup>14)</sup>) で除去し得る。A.G. Szent-Györgyi<sup>15)</sup>によれば ATP にもまた derigor 作用があるが収縮作用があるために見られないという。しかし ATP を作用させた glycerol 筋は硝子状透明になり且つ elastic になる<sup>16)</sup>。また ATPase を抑制した低温環境で ATP によつて glycerol 筋は伸展する<sup>17)</sup>。かかる事実は glycerol 筋の derigor の過程に一致するものである。

成績に見る如く ATP 収縮している glycerol 筋を 0.16 M KCl で洗うと、も早それはさらに収縮も弛緩もせずとその状態に freeze up する。これは ATP の除去によつてその収縮作用並びに derigor 作用がともに消失し、glycerol 筋は再び rigor の状態になるためと解される。かかる ATP 収縮した glycerol 筋の freeze up については既に A. Szent-Györgyi<sup>11,12)</sup>, Weber<sup>14)</sup> 等によつて報告されている。また A.G. Szent-Györgyi<sup>15)</sup>によれば pyrophosphate によつて解離した glycerol 筋の actin と myosin は、pyrophosphate の洗滌或は凍結によつて再び強固に結合すると

いう。しかし氏はこれを荷重下で示していない。

Fig. 12 に見る如く pyrophosphate を glycerol 筋に荷重下で作用させると, glycerol 筋は伸展する。かかる状態で pyrophosphate を 0.16 M KCl で洗い去ると, それ以上の伸展は止り glycerol 筋はその伸展状態で freeze up する。これは pyrophosphate による derigor glycerol 筋が再び rigor に帰ることを明かに示すものといえる。

### 摘 要

以上要するに glycerol 筋は plasticizing agent の作用を除去することにより, 収縮状態並びに弛緩状態の何れにおいても freeze up する。しかし freeze up は一種の rigor に他ならない。

(昭和 30. 9. 21 受付)

### 文 献

- 1) Szent-Györgyi, A.: Biol. Bull. **96**, 140 (1949).
- 2) 丸山: 札幌医誌 **3**, 213 (1952).
- 3) Bozler, E.: Am. J. Physiol. **167**, 276 (1951).
- 4) 丸山・他: 札幌医誌 **5**, 169 (1954).
- 5) Szent-Györgyi, A.: Chemistry of Muscular Contraction, New York (1951).
- 6) Makinose, M.: Jap. J. Physiol. **5**, 160 (1955).
- 7) Szent-Györgyi, A. G.: Enzymol. **14**, 246 (1950).
- 8) 丸山・他: 札幌医誌 **5**, 242 (1954).
- 9) 永井・他: 札幌医誌 **5**, 154 (1954).
- 10) 永井: 生物物理化学討論会講演 (1955).
- 11) 藤田: 札幌医誌 **6**, 341 (1954).
- 12) Bendall, J. R.: Nature **172**, 586 (1953).
- 13) Bozler, E.: J. Gen. Physiol. **38**, 149 (1954).
- 14) 永井: 生体の科学 **4**, 194 (1953).
- 15) 永井・他: 札幌医誌 **4**, 15 (1953).
- 16) 藤田: 日薬理誌 **50**, 183 (1954).
- 17) Bendall, J. R.: J. Physiol. **121**, 232 (1953).
- 18) 横山: 生体の科学 **6**, 33 (1954).
- 19) Weber, H. H.: Advances Prot. Chem. **7**, 161 (1952).
- 20) 伊藤: 札幌医誌 **5**, 291 (1954).
- 21) Szent-Györgyi, A. G.: Enzymol. **14**, 252 (1950).

### Summary

With or without load, the properties of glycerinated muscle fiber were observed in relation to varied concentrations of KCl or pyrophosphate. Under same experimental conditions, the effect of ATP on the properties of glycerinated muscle fiber was studied. And relationship between relaxation of glycerinated muscle fiber by high concentration of KCl and "derigor", and relationship between "derigor" and so-called "freeze up" phenomenon in glycerinated muscle fiber were studied.

The results are as follows:

- 1) Without load, glycerinated muscle fiber shows two phases in optical and elastic properties in relation to KCl concentration. And under load, it shows 3 phases, i. e. inextensible, slight-extensible and strong-extensible.
- 2) Pyrophosphate has the same effect on glycerinated muscle fiber as obtained by KCl in relation to its concentration.
- 3) The effect of ATP depends on the concentration of KCl or pyrophosphate. Without load, the property of glycerinated muscle fiber is distinguished in 2 phases, i. e. contraction and inhibited contraction. And under the load, it is distinguished in 3 phases, i. e. contraction, contraction followed relaxation and relaxation.
- 4) The influence of ATP concentration on the glycerinated muscle fiber was also studied.
- 5) The influence of Mg annexation on ATP effect was studied. And the important significance of Mg ion on the actomyosin system was suggested.
- 6) Under load, the glycerinated muscle fiber contracted by ATP solution can be relaxed by high concentration of KCl, while uncontracted glycerinated muscle fiber can also be elongated by the same agent. These facts may be considered as adequate experimental proof of the idea that both state of the relaxation of contracted glycerinated muscle fiber and of derigor belong to an equal molecular process.

7) Glycerinated muscle fiber in rigor state can be brought into derigor state by many plasticizing agents, i. e. ATP, pyrophosphate, KCl in high concentration etc. And by removal of the plasticizing agent, the glycerinated muscle fiber in either state of contraction or relaxation, turns into "freezed up" state. Therefore, it may be said that the "freezed up" state is merely a state of "rigor".

(Received Sept. 21, 1955)